

Pembangkit listrik hidro skala kecil



Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	iii
Pendahuluan.....	iv
1 Ruang lingkup	1
2 Istilah dan definis	1
3 Evaluasi lokasi	1
3.1 Pemetaan.....	2
3.1.1 Umum.....	2
3.1.2 Sumber data.....	2
3.2 Studi geoteknik.....	2
3.2.1 Umum.....	2
3.2.2 Kaji ulang data yang tersedia dan pemeriksaan lokasi - tahap 1	2
3.2.3 Eksplorasi lapisan bawah tanah.....	3
3.3 Pengembangan tata letak lokasi	4
3.3.1 Umum.....	4
3.3.2 Tata letak proyek.....	5
3.4 Fasilitas terkait dan fasilitas untuk penggunaan bersama.....	5
3.4.1 Fasilitas terkait	5
3.4.2 Fasilitas untuk penggunaan bersama	6
4 Data hidrologi	6
4.1 Catatan mengenai aliran sungai	6
4.1.1 Data yang mewakili	7
4.1.2 Prosedur evaluasi	7
4.2 Karakteristik waduk	8
4.3 Kurva nilai air bawah	8
4.4 Saluran bangunan pelimpas yang memadai	9
4.5 Beban sedimentasi.....	9
4.6 Studi kualitas air	9
5 Penaksiran kapasitas pembangkit dan keluaran energi.....	10
5.1 Persyaratan dan sumber data	10
5.1.1 Data fisik dan operasional	10
5.1.2 Data hidrologi	10
5.1.3 Sumber data	10
5.2 Karakteristik teknis unit pembangkit.....	11
5.3 Efisiensi total pembangkit	12
5.4 Metode durasi-aliran	12

5.4.1	Hubungan antara energi-aliran dan tinggi jatuh	12
5.4.2	Kurva durasi-aliran	12
5.5	Menentukan kapasitas terpasang dan keluaran energi dengan menggunakan menggunakan metode durasi-aliran	13
5.6	Kapasitas andal	16
5.7	Operasi penyimpanan dan analisa berurutan	17
6	Persyaratan penggunaan sistem daya dan sambungan	18
6.1	Kebutuhan daya	19
6.2	Pemasaran daya	19
6.2.1	Kontrak daya	20
6.2.2	Purpa (PPA)	20
6.3	Persyaratan hubungan sistim daya	21
7	Operasi dan pemeliharaan	21
7.1	Tahap desain	22
7.2	Tahapan operasi	23
7.3	Manual untuk operator	23
7.4	Uraian proyek	24
7.5	Mengasut pembangkit	25
7.6	Menjalankan pembangkit	25
7.7	Menghentikan pembangkit	25
7.8	Pemeliharaan rutin	26
7.9	Prosedur darurat atau "perlu bantuan"	26
7.10	Revisi	26
7.11	Manual pemeliharaan	27

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) mengenai “Pembangkit listrik hidro skala kecil”, mengacu sebagian kepada standar .ASCE/EPRI Guide 1989. Standar ini telah melalui proses/prosedur perumusan standar dan terakhir dibahas dalam Forum Konsensus XIX pada tanggal 9 s.d 10 Oktober 2002 di Jakarta yang dilaksanakan oleh Panitia Teknik Energi Baru Terbarukan (PTEB) berkoordinasi dengan Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi.

Dalam rangka mempertahankan mutu ketersediaan standar yang tetap mengikuti perkembangan, maka diharapkan masyarakat standardisasi ketenagalistrikan memberikan saran dan usul perbaikan demi kesempurnaan rancangan ini dan tak kalah pentingnya untuk revisi standar ini dikemudian hari.



Pendahuluan

Indonesia mempunyai banyak sumber tenaga air yang terbesar dan sangat memungkinkan untuk dikembangkan sebagai sumber energi listrik yang ramah lingkungan. Untuk pengembangannya diperlukan suatu standar yang dapat membantu mulai dari proses pemilihan lokasi sampai dengan pelaksanaan proyeknya. Maka disusunlah Standar Pembangkit Listrik Hidro Skala Kecil (PHSK) ini, dimaksudkan sebagai pedoman bagi calon pengembangan PHSK.

Standar ini dimaksudkan supaya dalam pengembangan PHSK, dapat dilakukan dengan baik hingga dihasilkan suatu PHSK yang efisien, handal dan ramah lingkungan.



Pembangkit listrik hidro skala kecil

1 Ruang Lingkup

Standar PHSK ini meliputi bagian-bagian:

- evaluasi untuk calon lokasi PHSK;
- data hidrologi yang dibutuhkan dan kegunaannya;
- potensi kapasitas pembangkit dan keluaran energi;
- penafsiran kapasitas pembangkit dan keluaran energi;
- persyaratan penggunaan sistem daya dan sambungan;
- operasi dan pemeliharaan.

2 Istilah dan definisi

2.1

pembangkit listrik hidro skala kecil (PHSK)

pembangkit listrik yang menggunakan air sebagai sumber energi dengan kapasitas sampai dengan 1000 Kw elektrik

2.2

power purchase agreement (PPA)

perjanjian jual beli tenaga listrik yang dilakukan antara pemilik pembangkit tenaga listrik dengan konsumen

2.3

independent power prosedur (IPP)

penyedia listrik swasta

2.4

kapasitas andal

kapasitas yang dalam kondisi aliran paling banyak dapat diandalkan untuk memikul beban sistem, memberikan kapasitas cadangan yang andal, dan memenuhi kebutuhan daya yang tetap. Jika PHSK merupakan sistem yang terpisah, kapasitas andal dibatasi oleh aliran umum yang terjadi setiap saat. Dalam aliran yang terpencil yang diatur, aliran yang tersedia sering tidak ada

3 Evaluasi lokasi

Ruang lingkup investigasi yang disarankan untuk menyempurnakan data yang dibutuhkan untuk evaluasi perencanaan Pembangkitan Listrik Hidro Skala Kecil (PHSK) tergantung pada hal utama berikut:

- 1) penyusunan, kondisi dan kebutuhan operasi struktur yang ada dan lahan yang tersedia untuk struktur yang baru;
- 2) kondisi topografi dan geologi lokasi yang berkaitan dengan kebutuhan proyek;
- 3) persyaratan jalan masuk, tata letak konstruksi dan saluran pengelak yang spesifik untuk proyek dan lokasi.

Sebagai contoh, waktu dan data yang dibutuhkan untuk pelaksanaan evaluasi PHSK akan meliputi renovasi bendungan yang ada dan struktur rumah pembangkit dalam kondisi baik akan memiliki pertimbangan yang berbeda dengan kebutuhan studi lokasi PHSK yang baru, serta kondisi bentuk permukaan dan kenampakan tanah pada lokasi yang diantisipasi dari fasilitas proyek yang diusulkan menunjukkan perlunya penyediaan tanah lapisan bawah yang kuat. Persyaratan untuk saluran pengelak dan pengeringan harus dievaluasi karena dapat menyebabkan pengembangan PHSK menjadi tidak ekonomis.

3.1 Pemetaan

3.1.1 Umum

Data pemetaan yang dikumpulkan harus dengan skala dan rincian yang cukup untuk menyiapkan dokumen yang diperlukan bagi penggunaan tata letak dan desain fasilitas rekreasi yang berhubungan dengan proyek, evaluasi dampak waduk (kolam tando), yang akan datang evaluasi aliran hilir, peletakan saluran transmisi, serta pengembangan proyek masa mendatang maupun keperluan pengawasan. Dengan demikian, semua data tersebut harus diverifikasi melalui dengan pemeriksaan lapangan sebelum menyiapkan peta akhir.

3.1.2 Sumber data

Berbagai sumber data dapat membantu dalam mempersiapkan pemetaan proyek antara lain:

- peta rupa bumi (topografi);
- peta rupa bumi wilayah (tematik);
- peta rupa bumi yang disiapkan oleh instansi yang berwenang yang menunjukkan; jembatan atau jalan raya tempat PHSK yang potensial;
- peta banjir dalam sungai.

3.2 Studi geoteknik

3.2.1 Umum

Studi geoteknik umumnya meliputi dua tahap:

Tahap pertama melakukan evaluasi awal terhadap integritas fasilitas yang ada, penggunaan optimum dari data yang tersedia dan pemeriksaan setempat. Salah satu tujuan dari tahap pertama ini adalah untuk menentukan apakah tahap selanjutnya akan dibutuhkan sebagai evaluasi akhir dan menentukan lingkup studi teknik (dengan studi tahap 2).

Dalam tahap 2, data tambahan dan analisa diperoleh dan dievaluasi, dan kesimpulan dilakukan untuk kesempurnaan pekerjaan teknik termasuk perbaikan dan perubahan akan dilakukan. Apabila fasilitas baru direncanakan, maka pengujian tahap 2 diperlukan.

3.2.2 Kaji ulang data yang tersedia dan pemeriksaan lokasi - tahap 1

Data-data tersebut di bawah ini (bila tersedia) perlu dikaji ulang:

a) Rekaman desain

- rencana kontrak dan spesifikasi;
- laporan geologi;
- laporan eksplorasi lokasi dan material;

- laporan desain atau desain dasar;
- uji material dan laporan penilaian;
- laporan seismik lokasi;
- kriteria operasional perancang;
- rekaman teknis rancangan.

b) Rekaman Konstruksi

- foto lokasi;
- laporan pemeriksa;
- rekaman pengujian pondasi atau penyuntikan (*grouting*);
- rekaman uji control kualitas;
- laporan konstruksi;
- laporan geologi.

c) Rekaman sejarah waduk atau pengendalian sungai

- data ketinggian muka air;
- rekaman pembuangan;
- pengoperasian pintu.

d) Rekaman pemeliharaan

- masalah dalam pemeliharaan;
- perbaikan-perbaikan;
- perubahan-perubahan.

3.2.3 Eksplorasi lapisan bawah tanah

Jenis informasi dan data numerik yang dibutuhkan meliputi struktur geologi dan gambaran pekerjaan yang tidak dapat diperoleh hanya dari pengamatan visual langsung. Untuk PHSK biaya dapat eksplorasi lapisan bawah tanah harus seimbang terhadap faktor resiko. Integritas dari fasilitas perlu dipertanyakan jika pondasi atau kondisi tidak dalam keadaan yang jelas atau bila level satuan kondisi tidak dalam keadaan yang jelas atau dan tingkat rembesan penting. Dalam hal ini eksplorasi lapisan bawah tanah dibutuhkan untuk mengembangkan tambahan data dan penyediaan contoh untuk pengujian laboratorium untuk menentukan sifat-sifat teknis. Berbagai alat-alat tertentu eksplorasi tersedia untuk mendapatkan dan mengembangkan data untuk evaluasi bangunan yang ada. Beberapa peralatan eksplorasi yang digunakan antara lain:

- **Peta geologi dan potongan melintang geologi**

Merupakan kelengkapan penting yang berguna untuk perencanaan eksplorasi lapisan bawah tanah, khususnya evaluasi kondisi pondasi terhadap pengisian waduk yang sedang diselidiki. Jika peta dan potongan melintang geologi tersedia, peta tersebut harus dimutakhirkan untuk memperlihatkan ciri yang ada seperti ketidakstabilan lereng, rembesan air bawah tanah, potensi kebocoran dan rembesan berbentuk pipa di sekitar dan di bawah struktur utama dan bangunan pelengkap serta di sekitar daerah waduk.

- **Pengambilan contoh tanah**

Jika kondisi lokasi yang asli, kriteria desain dan analisis, dan rekaman konstruksi tidak tersedia atau inspeksi visual atau rekaman unjuk kerja menunjukkan bahwa fasilitas-fasilitas mungkin tidak menunjukkan unjuk kerja yang memadai, maka informasi yang dapat diperoleh dari pengeboran diperlukan untuk bendungan tanah dan batu. Tujuan pengeboran adalah untuk mendapatkan contoh lapisan tanah yang terganggu dan tidak

terganggu yang menyediakan informasi yang digunakan untuk membuat gambar lapisan bawah tanah tiga dimensi.

- **Pengambilan contoh batuan**

Pengeboran inti dengan peralatan mata bor intan merupakan metoda eksplorasi yang paling lazim digunakan untuk struktur beton atau pasangan batu kali dan pondasi batuan yang relatif keras. Program pengeboran inti memberikan cara untuk menyelidiki dan mengevaluasi struktur dan pondasi, sambungan konstruksi dan setiap retakan dalam beton dan pasangan batu kali.

- **Rekaman data pengeboran**

Semua pengumpulan contoh-contoh (*logging*) yang diperoleh dari program pengeboran dan pengukuran air bawah tanah dalam lubang-lubang bor adalah paling penting.

- **Pembuatan parit atau lubang uji (*test pitting*)**

Metoda eksplorasi ini membuka material lapisan bawah tanah dangkal yang lebih luas untuk pengujian rinci daripada bila melakukan pengeboran. Penggalan ini dapat dilakukan dengan alat gali, bulldoser atau tenaga manusia. Pengujian dapat dilakukan dilapangan. Contoh/sampel lapisan tanah terganggu dan tak terganggu dapat diperoleh dari eksplorasi parit uji atau lubang uji.

- **Pengujian contoh**

Pengujian laboratorium dilakukan untuk mendapatkan data untuk evaluasi rasional kondisi dan untuk digunakan dalam analisa teknis. Pengujian laboratorium dibagi dalam dua kategori : (1) tanah dan (2) batu alam atau beton. Semua pengujian harus dilakukan di laboratorium oleh tenaga yang berpengalaman.

Pengujian laboratorium terhadap tanah dan batuan lunak terdiri dari klasifikasi, pengujian sifat-sifat fisik, dan sifat-sifat teknik. Klasifikasi dan pengujian sifat-sifat fisik didasarkan pada pengenalan beberapa jenis dan distribusi kandungan tanah yang berarti, memperhatikan karakteristik gradasi, dan kekenyalan material. Data distribusi ukuran butir dan hasil pengujian *limit Atterbeg* memberikan informasi, kecuali untuk penentuan kandungan organik untuk mengklasifikasikan material secara tepat. Pengujian yang biasa digunakan untuk menentukan sifat-sifat teknis tanah termasuk uji pemadatan untuk menentukan hubungan kerapatan-kandungan air dari bahan-bahan yang berisi partikel halus yang persentasenya berarti; pengujian kerapatan relatif untuk menentukan kerapatan maksimum dan minimum untuk pasir dan batu-batuan yang relatif bersih; uji konsolidasi; uji permibilitas; dan uji tegangan geser.

Pengujian pada contoh beton dan batuan keras biasanya dibatasi untuk menentukan kekuatan desak bebas.

3.3 Pengembangan tata letak lokasi

3.3.1 Umum

Secara tipikal pengembangan PHSK terdiri dari elemen-elemen berikut:

- bendungan untuk mempertahankan tinggi permukaan air bagian hulu, mengalihkan air ke pembangkit; dan dalam beberapa hal, menyediakan waduk penyimpanan air;
- pelimpah untuk melewati banjir atau luapan air secara aman di sekitar bendungan;
- satu atau lebih saluran pengeluaran untuk memperbolehkan pelepasan air yang terkontrol yang dibuat menuju sungai, atau saluran pembawa yang lain;
- rumah pembangkit yang berisi perlengkapan turbin generator;

- jalan air yang menghubungkan pintu pengambilan (*intake*) ke rumah pembangkit atau saluran pengeluaran yang terbuat dari baja atau beton, kanal, atau saluran kecil yang dibentuk dalam struktur gabungan bendungan dan rumah pembangkit;
- pekerjaan pintas (misalnya pembuatan pelimpah dan saluran keluar) untuk memungkinkan pembuangan air pada saat turbin tidak beroperasi (diperlukan di lokasi tertentu);
- Serandang hubung (*switchyard*) dan transformator yang menghubungkan generator dan saluran transmisi pada tingkat tegangan yang dinaikkan;
- saluran transmisi yang menghubungkan pembangkit dengan jaringan daya atau pemakai.

3.3.2 Tata letak proyek

Pertimbangan berikut diperlukan untuk pengembangan proyek dan tata letak proyek:

- data aliran dan banjir;
- metode operasi;
- konfigurasi proyek, dimensi, dan elevasi pengaturan;
- rencana konstruksi dan persyaratan untuk pengelak dan pemeliharaan air;
- rumah pembangkit dan jenis turbin dan jumlahnya;
- persyaratan pengoperasian dan pemeliharaan;
- kebutuhan dan kapasitas *intake* dan pipa pesat;
- kebutuhan untuk pekerjaan pintas (*by-pass works*), cara membersihkan sedimen dan beban alas yang menumpuk di depan *intake*;
- metode untuk menghubungkan ke fasilitas lain;
- kebutuhan untuk kegiatan perbaikan dan hal-hal yang berhubungan dengan perbaikan;
- kebutuhan untuk pekerjaan khusus;
- persyaratan saluran transmisi;
- kebutuhan jalan masuk ke proyek;
- sensitivitas terhadap masalah lingkungan dan kepurbakalaan.

Jika PHSK baru akan dipasang pada bendungan yang telah ada, katagori umum dari tata letak proyek berikut dapat diterapkan:

- struktur *intake* yang baru, pipa pesat, dan rumah pembangkit yang akan dibangun; saluran yang berdekatan dengan *intake* dan saluran pembuang yang menghubungkan pembangkit ke sungai atau saluran lainnya mungkin diperlukan (*intake* dapat ditempatkan pada bendungan atau kanal);
- sebuah pembangkit yang terpisah akan dihubungkan pada ujung aliran hilir saluran yang telah ada dalam bendungan beton atau struktur *intake*;
- sebuah pipa pesat dan pembangkit terpisah akan dihubungkan pada ujung aliran hilir dari saluran pengeluaran yang ada;
- pembangkit bertindak sebagai bendungan atau terpadu dengan bendungan yang sudah ada.

3.4 Fasilitas terkait dan fasilitas untuk penggunaan bersama

3.4.1 Fasilitas terkait

Fasilitas lain yang kadang-kadang terkait dengan PHSK adalah saluran pengeluaran bertingkat. Pintu atau saluran berkatup kadang-kadang dipasang dalam struktur *intake* untuk memungkinkan pengalihan air dari ketinggian yang berbeda di dalam waduk untuk

memperbolehkan bercampurnya air pada temperatur yang berbeda dengan oksigen terlarut untuk pasokan air.

3.4.2 Fasilitas untuk penggunaan bersama

Penggunaan bersama proyek PHSK mencakup:

- pasokan air setempat;
- pasokan air irigasi;
- perbaikan aliran sungai;
- pengendalian banjir;
- rekreasi.

4 Data hidrologi

Bab ini mengidentifikasi jenis dan sumber data hidrologi yang dibutuhkan untuk studi lokasi proyek pembangkit listrik hidro tenaga air skala kecil. Bab ini juga memuat penjelasan singkat mengenai kebutuhan dan penggunaan data hidrologi.

4.1 Catatan mengenai aliran sungai

Data hidrologi terpenting yang diperlukan untuk studi tenaga air adalah data aliran air yang tercatat dalam periode yang panjang dan lama. Data aliran sungai didapat dari instansi yang terkait atau dilakukan pengukuran sendiri.

Data aliran sungai tersebut pada umumnya tercantum penjelasan singkat mengenai lokasi stasiun pengukuran, ringkasan statistik dari periode pencatatan, kejadian-kejadian ekstrim selama tahun pengukuran, berbagai masalah selama pengukuran, dan daftar pengalihan aliran sungai terdekat yang akan berpengaruh terhadap pengukuran aliran sungai.

Catatan air permukaan yang dikumpulkan dan dapat diperoleh dari instansi terkait yang dipublikasi secara tahunan.

Data aliran sungai rata-rata harian tersedia untuk seluruh periode pengukuran baik untuk stasiun pengukuran yang masih berfungsi maupun yang sudah tak berfungsi (diperoleh dengan simulasi).

Selain dari data aliran sungai rata-rata harian, dibutuhkan pula data tambahan untuk studi-studi tenaga air antara lain:

- kualitas dan kuantitas air;
- aliran-aliran puncak dan aliran-aliran rendah;
- ketinggian elevasi permukaan air (apabila diukur);
- suhu air aliran maximum, minimum dan (apabila diukur) rata-rata;
- kandungan oksigen dalam air, baik dalam nilai minimum, maksimum dan rata-rata;
- sedimen melayang (apabila diukur);
- konsentrasi ionis (jika ada).

Hasil proses pengolahan data harus menghasilkan sekurang-kurangnya :

- kurva durasi aliran yang dapat diproses untuk periode triwulanan dan tahunan;

- statistik bulanan dan tahunan termasuk rerata nilai teksis, perbedaan, deviasi, sekmen, koefisien variasi, dan persentase nilai rata-rata yang dapat diproses untuk keseluruhan atau sebagian rekaman data;
- kombinasi dari rekaman beberapa stasiun yang terdiri dari dua atau lebih stasiun dapat dikombinasikan dengan penambahan atau pengurangan untuk menghasilkan rekaman terpisah agar dapat diproses oleh program *WATSTORE*;
- statistik kejadian aliran maksimum dan minimum untuk periode 1-, 3-, 7-, 14-, 30-, 60-, 90-, 120-, dan 183 hari, kejadian dari rendah dan tinggi berdasarkan catatan dari berbagai interval yang berulang dalam periode nilai tahunan, bulanan, atau musiman (periode tertentu).

4.1.1 Data yang mewakili

Data aliran sungai digunakan untuk menghitung energi tahunan rata-rata yang dapat diproduksi. Data aliran sungai tersebut harus menggambarkan kondisi saat pembangkit listrik beroperasi. Jika kumpulan data historis telah menggambarkan kondisi aliran yang akan datang, maka data tersebut dapat digunakan tanpa modifikasi. Namun demikian data historis termasuk rekaman mungkin perlu disesuaikan untuk perubahan dalam hidrologi, saat ini dan yang akan datang, aliran masuk, rembesan, penguapan, dan persyaratan aliran minimum. Standar teknik hidrologi dapat digunakan untuk menyesuaikan rekaman historis tersebut.

Jika dekat lokasi PHSK tidak terdapat alat ukur aliran sungai, rekaman aliran sungai dari alat ukur lain yang terdekat dapat disesuaikan dengan standar teknik hidrologi. Karakteristik hidrologi dipertimbangkan harus mencakup daerah tata pengaliran air, topografi, kondisi tanah dan pola curah hujan.

Jika ada sebuah stasiun pengukuran yang sudah tak dioperasikan lagi yang berdekatan dengan lokasi PHSK, rekaman dari stasiun yang sudah dioperasikan tersebut dapat dianalisa dan diperbandingkan mengikuti periode yang sama dari rekaman stasiun yang ada masih beroperasi, kemudian rekaman data yang lebih lama dari stasiun yang masih beroperasi dapat digunakan untuk mengevaluasi perbaikan data pada stasiun yang sudah tidak operasi.

Prosedur stokastik tidak dapat digunakan untuk semua lokasi PHSK kecuali untuk hal-hal yang ekstrim misalnya kapasitas ketergantungan merupakan hal yang penting dan pengaruh dari musim kering yang ekstrim harus dianalisa pada tahap kelayakan.

4.1.2 Prosedur evaluasi

Berikut ini adalah proses evaluasi data hidrologi dengan menghitung aspek-aspek sebagai berikut:

- 1) mendapatkan data pengukuran dari semua stasiun baik yang masih beroperasi ataupun yang tak beroperasi yang terletak didekat lokasi proyek untuk menentukan letak stasiun dan periode pengukuran yang diperlukan dalam studi;
- 2) mendapatkan statistik bulanan dan tahunan dari periode pencatatan untuk menentukan segmen periode pencatatan yang dapat dipakai dan harus di analisa, dan untuk menentukan sifat alami daerah aliran sungai;
- 3) mendapatkan aliran air harian rata-rata pada periode yang ditetapkan dan mendapatkan kurva durasi aliran selama tahap studi dapat dipakai dalam periode tahunan, bulan yang kritis, dan kombinasi musim pada bulan dengan aliran tinggi dan bulan aliran rendah;
- 4) mendapatkan data tambahan pada keadaan aliran rendah, keadaan banjir serta parameter-paramter fisik atau kimiawi.

4.2 Karakteristik waduk

Untuk proyek PLTA yang menggunakan waduk atau tinggi jatuh tidak konstan, maka elevasi air di dalam waduk dan luas permukaan waduk harus diketahui. Data ini diperlukan untuk analisa penelusuran rangkaian aliran sungai.

Jika elevasi penyimpanan dan karakteristik elevasi area tidak tersedia, maka karakteristiknya harus dihitung menggunakan standar teknik hidrologi. Jika informasi yang tersedia tidak mutakhir, maka karakteristik sebaiknya digunakan secara berhati-hati sampai keabsahan datanya dapat dipastikan.

Data mengenai elevasi waduk berguna untuk mengevaluasi karakter operasi waduk guna mengatur tinggi jatuh bagi pembangkitan.

4.3 Kurva nilai air bawah

Kurva nilai air di hilir diperlukan untuk menentukan kapasitas aliran air melalui saluran di hilir, karena kapasitas saluran bawah dipengaruhi oleh jumlah aliran air balik di sungai.

Elevasi air di hilir merupakan fungsi dari geometri saluran hilir, debit air, dan efek air balik di hilir. Pada beberapa lokasi proyek, kurva air di hilir ditentukan dari rekaman data elevasi air bawah dan debit. Dalam beberapa hal, penilaian kurva air di hilir dapat ditentukan dari observasi pada tingkat aliran air. Bila pengukuran langsung air bawah tidak ada atau sulit maka elevasi air bawah dapat diperkirakan dengan menggunakan program komputer untuk perhitungan air di hilir, yaitu Program Profil Permukaan Air, atau perhitungan analisis pendekatan.

Untuk proyek tipe aliran sungai langsung, penilaian kurva air di hilir dan penilaian kurva air di atas dapat sering digunakan untuk menetapkan kurva tinggi jatuh. Data dari kurva tinggi jatuh dapat dikombinasikan dengan data durasi-aliran untuk menetapkan kurva durasi pembangkitan energi.

Untuk proyek pembangkit beban puncak, kondisi profil air balik ajeg (*steady flow*) tidak dapat ditetapkan. Pada beberapa keadaan, kondisi aliran yang tidak ajeg lebih menonjol, dan analisa hidrolis yang lebih rinci dari kondisi aliran tidak ajeg adalah tepat untuk menentukan kondisi air di hilir.

Potensi degradasi saluran di masa datang seharusnya juga diperhitungkan dalam rancangan pembangkit air yang baru. Beberapa lokasi telah mengalami penurunan sebanyak 1,2 meter pada air di hilir dalam 15 tahun. Hal ini dapat menyebabkan masalah serius yang harus dicegah. Misalnya, pelimpas memerlukan pembangunan air di hilir secara alami untuk menghasilkan loncatan hidrolis dan memperoleh pembuangan energi yang diperlukan, degradasi saluran harus menghasilkan kestabilan struktur dan tumpuan.

Pengikisan oleh aliran dengan kecepatan relatif rendah dan erosi serius yang membahayakan selain itu, posisi turbin harus ditempatkan dengan memperhitungkan tinggi jatuh minimum untuk mencegah kavitasi (dengan pengecualian turbin pelton). Jika degradasi saluran terjadi dan tinggi jatuh yang diperlukan tidak dapat dicapai, pemeliharaan yang sering dan mahal akan diperlukan. Ambang artificial dapat ditambahkan saluran bawah untuk mempertahankan air di hilir minimum yang diperlukan untuk memperoleh tinggi jatuh yang diinginkan.

4.4 Saluran bangunan pelimpas yang memadai

Penentuan kapasitas bangunan pelimpas yang memadai merupakan hal penting untuk mengevaluasi keterpaduan fungsi bendungan yang ada. Jika kapasitas bangunan pelimpas tidak memadai, maka kemungkinan terjadinya air melimpah menjadi semakin besar, sehingga masalah keamanan yang terkait harus dievaluasi secara rinci dan memadai.

Kapasitas bangunan pelimpas harus didasarkan kepada banjir terbesar yang terjadi di lokasi proyek dengan banjir dapat dilewatkan dengan aman.

Bila laporan keamanan bendungan sudah diterbitkan, berarti sudah dilakukan evaluasi terhadap bangunan pelimpas. Laporan tersebut ada pada pemilik bangunan.

Bila belum ada studi atau karena alasan-alasan yang patut dipercaya bahwa kondisi setempat sudah atau akan berubah, maka perlu dilakukan evaluasi mengenai kapasitas bangunan pelimpas tersebut. Dua hal utama yang perlu dibahas yaitu kapasitas aliran dari bangunan pelimpas yang ada dan kapasitas aliran yang direncanakan akan melewati pelimpas tersebut. Perhitungan kapasitas aliran melalui bangunan pelimpas merupakan masalah hidrolika.

Penentuan debit banjir rencana yang melewati bangunan pelimpas didasarkan atas ketinggian dan kapasitas penandaan serta klasifikasi potensi bahaya yang ditimbulkan.

4.5 Beban sedimentasi

Sedimen tidak hanya menyebabkan terjadinya endapan di belakang bendungan, di saluran pengelak, mengurangi volume waduk, mengganggu pengoperasian pintu air, tetapi sedimen yang melalui turbin dapat membuat arus berbagai bagian dari mesin.

Beban sedimen melayang harus diukur dan disampaikan kepada pembuat turbin agar keausan dan erosi yang ditimbulkan pada bagian mesin dapat dikaji. Sedimen yang mengendap dan yang melayang harus dianalisa untuk menentukan potensi endapan dalam waduk. Bila sedimen yang mengendap sudah cukup banyak, perlu dilakukan pengurasan sepanjang usia proyek untuk menjaga besarnya area bangunan pengambilan dari pengaruh sedimen. Pintu penguras dan fasilitas pengurasan lainnya harus direncanakan sebagai bagian dari struktur. Pengurasan hanya efektif jika pintu penguras terletak dekat dengan bangunan pengambilan.

4.6 Studi kualitas air

Data kualitas air dibutuhkan untuk mengkaji kemungkinan perubahan kondisi kualitas air akibat dari pembangunan proyek PHSK. Kebutuhan data kualitas air harus diperoleh sedini mungkin karena hal ini berhubungan dengan masalah lingkungan.

Studi kualitas air yang dibutuhkan meliputi:

Deskripsi dari perubahan musiman kualitas air yang ada untuk setiap sungai, danau, atau waduk yang terpengaruh ion-ion penting.

5 Penaksiran kapasitas pembangkit dan keluaran energi

5.1 Persyaratan dan sumber data

Kapasitas tenaga air dan keluaran energi potensial suatu lokasi pengembangan yang prospektif, baik yang baru maupun penambahan terhadap fasilitas yang telah ada, terutama bergantung pada besaran distribusi aliran dan tinggi hidrolis (*head*) yang tersedia di lokasi. Data historis mengenai ketersediaan air selama musim aliran rendah dan tahun-tahun aliran rendah juga diperlukan untuk menaksir kemungkinan kapasitas yang andal. Keuntungan daya didasarkan pada pembangkitan energi tahunan rata-rata karena kapasitas biasanya tidak memenuhi definisi standar "keandalan".

Secara lebih spesifik, persyaratan data umumnya dapat digolongkan dalam dua bagian yakni: (1) data fisik dan operasional, dan (2) data hidrologi.

5.1.1 Data fisik dan operasional

Data fisik dan operasional yang diperlukan untuk menganalisis *retrofit* yang ada maupun fasilitas tenaga air yang baru merupakan dasar untuk memperkirakan kapasitas pembangkit dan keluaran energi. Hal-hal yang diperlukan untuk analisis adalah:

- ketinggian maksimum bendungan;
- elevasi dan konfigurasi puncak saluran pelimpas;
- elevasi permukaan air danau maksimum yang diijinkan;
- elevasi permukaan air yang normal;
- *drawdown* maksimum untuk beroperasi;
- konfigurasi saluran pengeluaran, lokasi dan nominalnya;
- kerugian karena rembesan;
- luas permukaan waduk dibandingkan dengan penyimpanan (nominal).

5.1.2 Data hidrologi

Informasi dan data dasar mengenai luasan drainase dan karakteristik aliran sungai dari *watershed* dan data mengenai setiap penggunaan air utama atau pengelak di bagian hulu bendung diperlukan. Jika data aliran harian tersedia (diinginkan paling sedikit 20 tahun), data durasi-aliran dapat dibuat sehingga perkiraan energi tahunan rata-rata dapat dihitung. Ketelitian perkiraan kapasitas dan energi bergantung pada gabungan ketelitian karakteristik aliran dan perubahan tinggi jatuh yang terkait. Data hidrologi berikut diperlukan untuk melengkapi perhitungan kapasitas dan energi:

- luasan drainase;
- data aliran harian (jika mungkin minimum 20 tahun);
- hubungan antara durasi dan aliran;
- peta air banjir;
- laju penguapan;
- persyaratan pembuangan aliran minimum;
- nilai nominal air buangan.

5.1.3 Sumber data

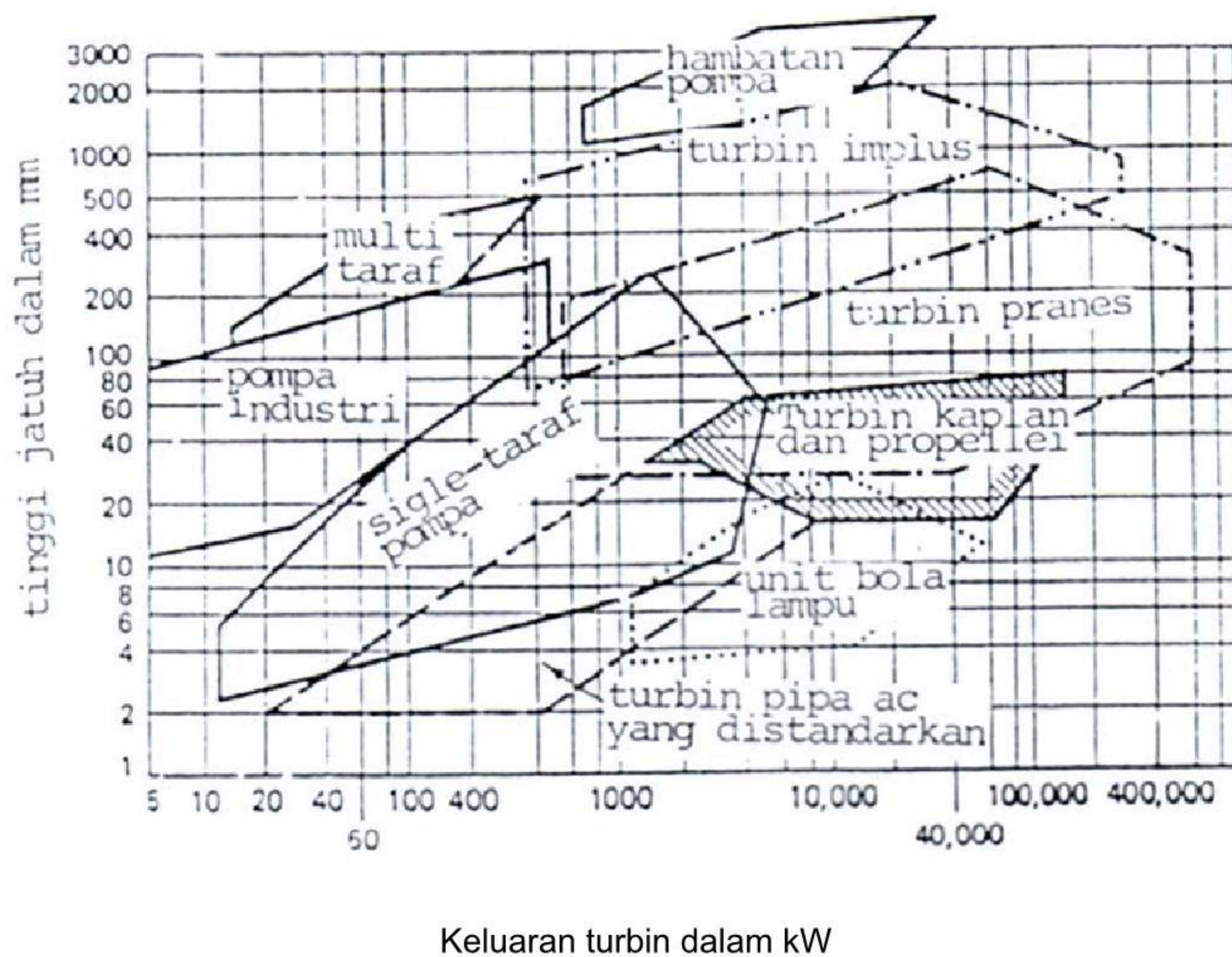
Sumber data paling logis untuk data fisik dan hidrologi adalah pemilik dan operator dari fasilitas yang ada, biasanya dipublikasikan oleh instansi terkait.

5.2 Karakteristik teknis unit pembangkit

Biaya terbesar pembangunan PHSK adalah unit turbin-generator. Berbagai jenis unit yang tersedia masing-masing dirancang beroperasi dalam beberapa julat tinggi jatuh dan kapasitas.

Efisiensi turbin sangat dipersyaratkan oleh kecepatan spesifik dan ukuran. Jika efisiensi penting pada lokasi spesifik yang dipelajari, gunakan pedoman yang tersedia.

Gambar 1 memperlihatkan julat aplikasi tipikal untuk berbagai tipe turbin air. Gambar ini hanya bernilai untuk pemilihan. Bahkan dalam tahap perencanaan, informasi teknis mengenai turbin yang baru-baru ini dikembangkan secara spesifik untuk PHSK harus digunakan.



Gambar 1 Julat aplikasi untuk turbin hidrolik. *Courtesy Allis-Chalmers*

5.3 Efisiensi total pembangkit

Tabel efisiensi berikut dapat digunakan sebagai acuan untuk perencanaan

<u>Komponen</u>	<u>Efisiensi rata-rata tipikal</u>	<u>Julat</u>
Turbin	86,0	83 - 90
Generator	96,0	95 - 97
Alat untuk memperbesar kecepatan (<i>Speed increase</i>)	97,0	96 - 98
Transformator penaik tegangan	98,0	98 - 99
Jaringan transmisi	98,0	≥ 97
Transformator penurun tegangan	98,0	98 - 99
Efisiensi total PHSK (sampai keluar tenaga listrik)	75,0	70 – 85

5.4 Metode durasi-aliran

5.4.1 Hubungan antara energi-aliran dan tinggi jatuh

Prosedur utama untuk membangkitkan energi listrik dari tenaga air pada elevasi yang berbeda adalah untuk mengubah energi potensial menjadi energi listrik dengan cara menghubungkan turbin ke generator, kemudian dihubungkan ke sistem tenaga listrik.

Hubungan ini dinyatakan oleh persamaan,

$$P = \frac{QH\eta}{11,8} \quad (5-1)$$

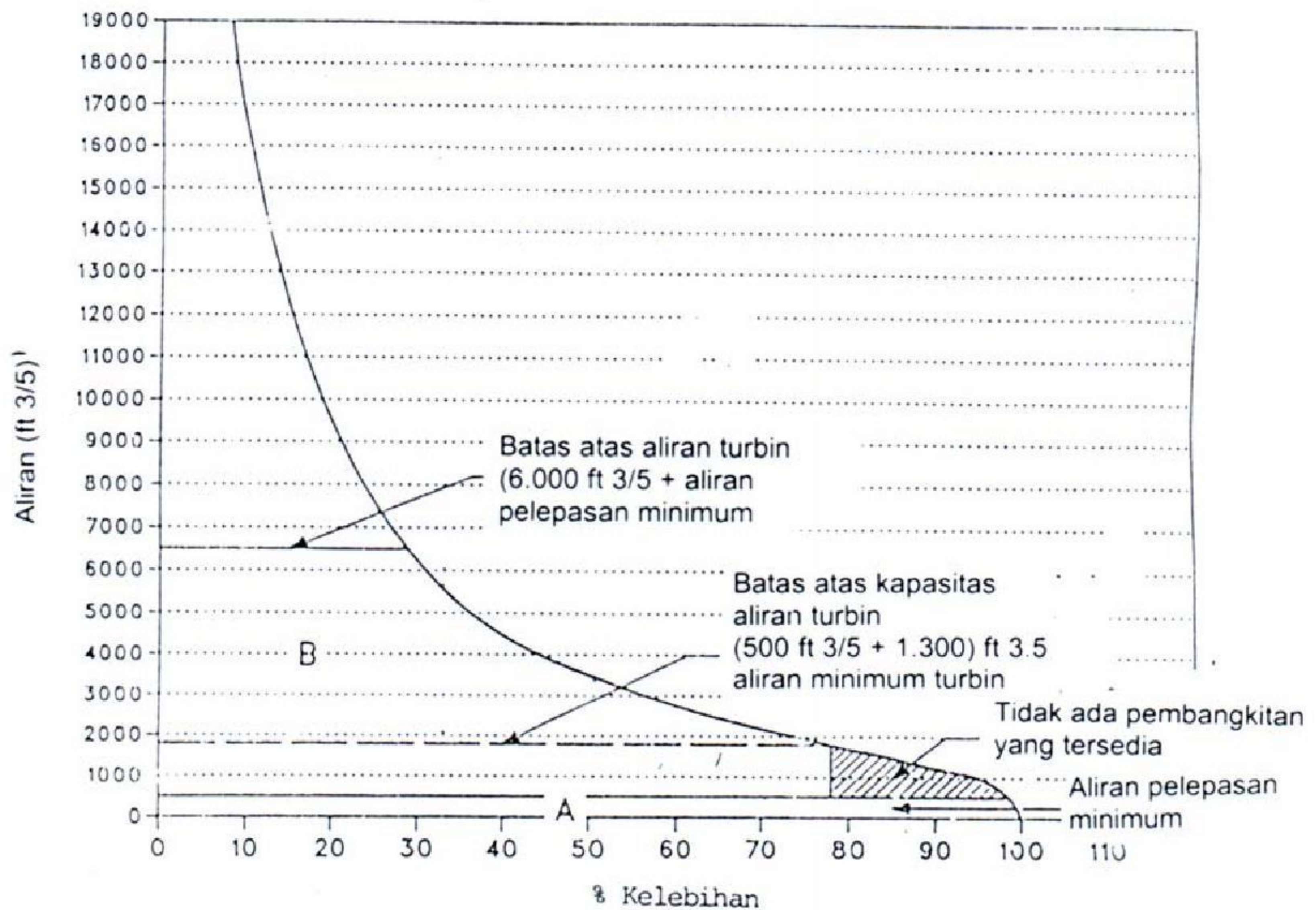
dengan :

- P = daya (kW)
- Q = debit air aliran untuk pembangkitan (ft³ / detik)
- H = tinggi jatuh yang tersedia secara statistic (ft)
- η = Efisiensi total
- 11,8 = konstanta pengubah

5.4.2 Kurva durasi-aliran

Kurva durasi-aliran adalah kurva frekwensi kumulatif yang menunjukkan persen waktu dengan nilai-nilai pembuangan yang memenuhi atau dilampaui selama periode yang ditentukan. Aliran harian harus digunakan untuk menggambarkan kurva. Persentase waktu relatif dihitung selama masing-masing aliran yang berurutan telah sama atau dilampaui. Selanjutnya kurva yang digambarkan menunjukkan aliran pada sumbu Y (ordinat) dan persen waktu pada sumbu X (absis). Lihat contoh kurva pada gambar 2.

Area di bawah kurva durasi-aliran menyatakan jumlah air yang tersedia di lokasi. Sebagai titik awal, biasanya aliran-aliran dengan julat kelebihan 25% dipilih untuk menganalisa kapasitas terpasang dan keluaran energi. Bila tinggi jatuh diketahui, daya dan energi yang potensial untuk lokasi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (5-1).



Gambar 2 Contoh metoda durasi-aliran untuk satu unit

5.5 Menentukan kapasitas terpasang dan keluaran energi dengan menggunakan metode durasi-aliran

Contoh metoda durasi-aliran di lokasi PHSK:

1 Diketahui:

Tinggi jatuh kotor = 20 ft
 Hubungan antara aliran dengan durasi, gambar 3.2
 Pelepasan minimum = 500 ft³/s
 Lokasi aliran langsung

2 Kapasitas terpasang (satu unit):

- pada kurva durasi-aliran, tarik garis aliran minimum 500 ft³/s (pada Gambar 2) area A ditentukan oleh garis 500 ft³/s)
- diasumsikan instalasi satu unit turbin-generator
- diasumsikan instalasi turbin propeller yang dapat diatur (dengan julat aliran 25% sampai 115% dari aliran desain)
- setelah sejumlah iterasi, pilih aliran desain optimum sebesar 5 200 ft³/det)
- aliran desain turbin, $Q_d = 5\,200 \text{ ft}^3/\text{s}$
- tinggi jatuh desain netto, $H_d = 19,3 \text{ ft}$ (dipilih dari hubungan antara aliran dan tinggi jatuh)
- diasumsikan efisiensi generator-turbin = 86%

- kapasitas terpasang:

$$kW = \frac{Q_d H_d \eta}{11,8} = \frac{(5\,200)(19,3)(0,86)}{11,8} = 7,315 \text{ kW}$$

3 Keluaran energi (satu unit)

- Tarik garis yang menyatakan aliran turbin minimum ditambah pelepasan aliran minimum pada kurva durasi-aliran = $1\,300 + 500 = 1\,800 \text{ ft}^3/\text{s}$
- Tarik garis yang menyatakan aliran turbin maksimum ditambah pelepasan aliran minimum pada kurva durasi-aliran = $6\,000 + 500 = 6\,500 \text{ ft}^3/\text{s}$
- Tentukan luasan B pada kurva durasi-aliran (Gambar 2) yang menyatakan aliran rata-rata jika 100% waktu tersedia untuk turbin, $Q_{100} = 3\,220 \text{ ft}^3/\text{s}$
- Keluaran energi:

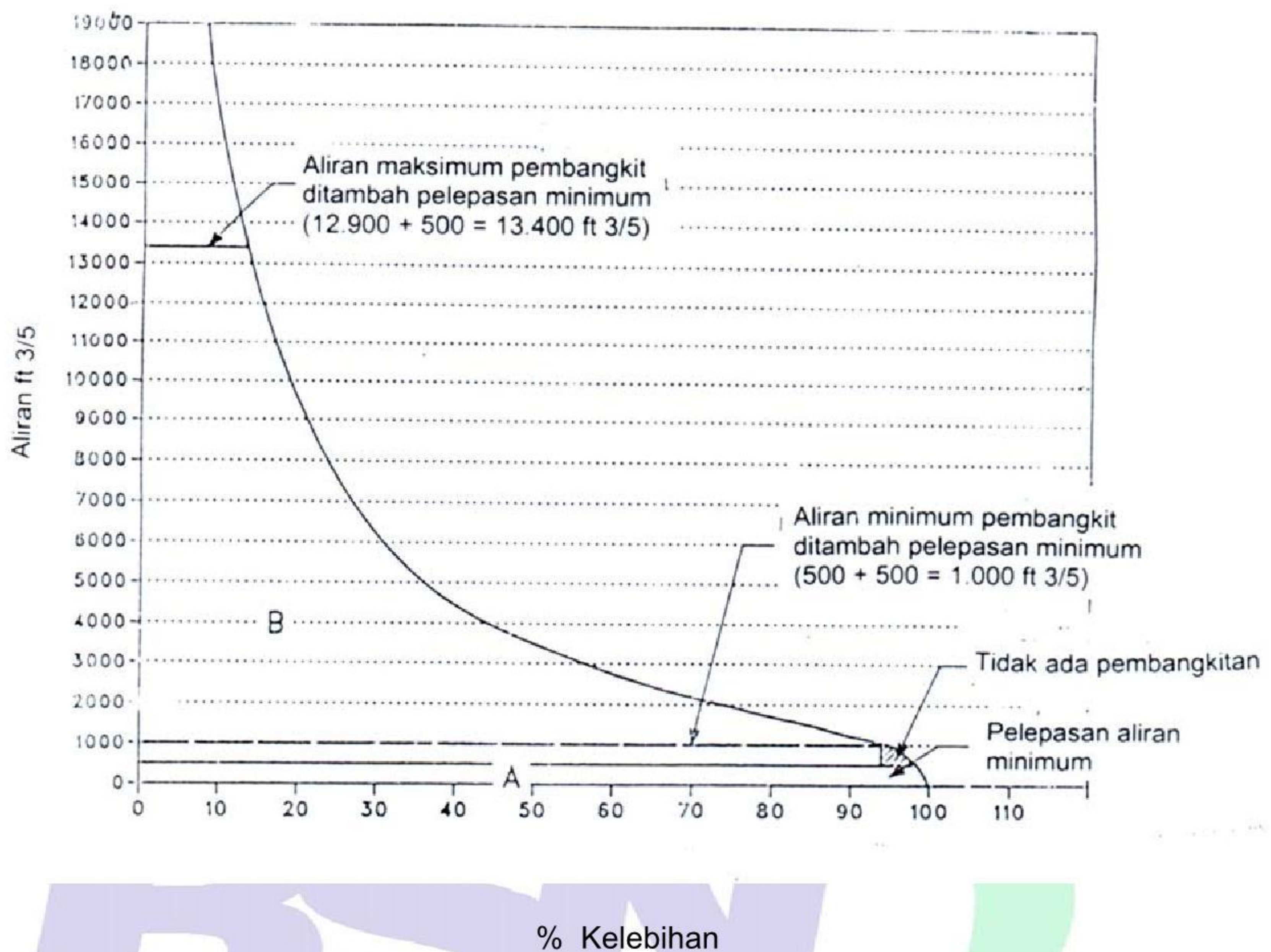
- penyesuaian efisiensi bila menggunakan kurva durasi-aliran tahunan $\eta_1 = 0,95$
- penyesuaian efisiensi karena fluktuasi tinggi jatuh air bawah $\eta_2 = 0,97$
- penyesuaian untuk mempertimbangkan 4% dari waktu yang tidak dijadwalkan $\eta_3 = 0,96$
- efisiensi total, $\eta_n = 0,75$
- (lihat seksi B)
- aliran turbin dengan ketersediaan waktu 100%, $Q_{100} = 3\,220 \text{ ft}^3/\text{s}$, tinggi jatuh netto, $H_\eta = 18,7 \text{ ft}$

$$\begin{aligned} \text{Keluaran} &= \frac{Q_{100} H_\eta \eta_n \eta_1 \eta_2 \eta_3 (8,760)}{11,8} \\ &= \frac{(3,220)(18,7)(0,75)(0,95)(0,97)(0,96)(8,760)}{11,8} \\ &= 29,660,000 \text{ kWh/th} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor pembangkit, PF} = \frac{29,660,000 \text{ Kwh/th}}{(7,315 \text{ kW}) (8,760 \text{ h/th})} = 0,46$$

4 Alternatif (dua unit):

- pelepasan minimum = $500 \text{ ft}^3/\text{s}$ (area A dibawah kurva pada gambar 3)
 - diasumsikan turbin *propeller* sudunya dapat diatur (julat aliran 25% sampai 115% dari aliran desain)
 - setelah sejumlah iterasi, aliran-aliran desain dipilih untuk dua turbin sebagai berikut .
- Q_d turbin 1 = $2000 \text{ ft}^3/\text{s}$
 - (julat aliran = $500 - 2\,300 \text{ ft}^3/\text{s}$).
 - Q_d turbin 2 = $9\,200 \text{ ft}^3/\text{s}$
 - (julat aliran = $2\,300 - 10\,600 \text{ ft}^3/\text{s}$).



Gambar 3 Contoh metode aliran–durasi, dua unit

Aliran pembangkit minimum = 500 ft³/s

Aliran pembangkit maksimum = 2 300 ft³/s + 10 600 ft³/s = 12 900 ft³/s

- Tinggi jatuh rancangan:

$$H_1 = 19,5 \text{ ft}$$

$$H_2 = 18,7 \text{ ft}$$

- Efisiensi generator turbin, $\eta_t = 86\%$
- Kapasitas terpasang

$$K W_{T1} = \frac{Q_{d1} H_1 \eta_t}{11.8} = \frac{(2,000 \text{ ft}^3/\text{s}) (19.5 \text{ ft}) (0.86)}{11.8} = 2,840 \text{ kW}$$

$$K W_{T2} = \frac{Q_{d2} H_2 \eta_t}{11.8} = \frac{(9,200 \text{ ft}^3/\text{s}) (18.7 \text{ ft}) (0.86)}{11.8} = 12,540 \text{ kW}$$

- Total kapasitas terpasang pembangkit = 2 840 + 12 540 = 15 380 kW
- Aliran pembangkit minimum ditambah aliran pelepasan minimum = 500 ft³/s + 500 ft³/s = 1 000 ft³/s (garis putus-putus pada Gambar 3).
- Aliran pembangkit maksimum ditambah aliran pelepasan minimum = 12 900 + 500 = 13 400 ft³/s (garis-garis atas pada Gambar 3).
- Aliran yang tersedia ke turbin untuk waktu 100% (luasan B pada Gambar 3) = 4 600 ft³/s
- Tinggi jatuh *netto* dengan kedua unit dapat beroperasi, $H_p = 17,8$ ft
- Keluaran energi:

$$Q_{100} = 4\,600 \text{ ft}^3/\text{s},$$

$$H_p = 17,8 \text{ ft}$$

$$\eta_n = 0,75 ;$$

$$\eta_1 = 0,95,$$

$$\eta_2 = 0,97$$

$$\eta_3 = 0,98 \text{ (untuk dua unit pembangkit, waktu untuk tidak beroperasi tak terjadwal berkurang 2\%)}$$

$$\text{Keluaran} = \frac{Q_{100} H_p \eta_n \eta_2 \eta_3 (8,760)}{11,8} = 40,330,000 \text{ kWh/th}$$

$$\bullet \text{ Faktor Pembangkit PF} = \frac{40,330,000 \text{ kWh/th}}{(15,380 \text{ kW}) (8,760 \text{ hr})} = 0,30$$

5.6 Kapasitas andal

Jika PHSK merupakan sistem yang terpisah, kapasitas andalannya dibatasi oleh aliran minimum yang terjadi setiap saat. Dalam aliran yang terpencil yang tidak diatur, aliran yang tersedia sering tidak ada.

Sebagai bagian dari sistem yang lebih besar, kapasitas yang diandalkan dipengaruhi oleh karakteristik pembangkit lain dalam sistem dan bagaimana periode aliran rendah berkaitan dengan terjadinya beban-beban puncak pada sistem, misalnya aliran musim kering yang rendah mungkin tidak berarti di dalam sebuah sistem dengan beban puncak musim hujan. Adanya kapasitas yang berlebih dan waduk penyimpanan pada proyek-proyek tenaga air lainnya dalam sebuah sistem selama periode aliran rendah dapat ditempatkan pada sebuah proyek aliran sungai. Kriteria untuk menentukan ada - tidaknya kapasitas andal harus dibuat dengan memperhatikan lokasi pembangkit akan beroperasi.

Energi yang dihasilkan oleh pembangkit selama periode yang dapat dianggap andal disebut sebagai energi tetap. Perhitungan energi memerlukan penentuan periode aliran terendah yang terjadi secara historis dalam kurun waktu setahun saat kapasitas puncak dalam sistem daya adalah kritis. Jika waduk penyimpanan digunakan, periode kritis dapat berlangsung dari satu hari sampai beberapa bulan untuk pembangkit aliran-sungai yang terpisah, dalam sistem yang hanya terdiri dari pembangkit termal.

Aliran minimum yang diperoleh dari rekaman aliran harian yang terjadi pada tinggi jatuh yang sesuai (biasanya minimum) memberikan kapasitas yang paling kecil, oleh karena itu disebut andal (asalkan angka ini lebih besar dari aliran turbin minimum). Kapasitas ini mungkin harus dipertahankan hanya untuk beberapa jam perhari, selama beban puncak. Dengan demikian, jika waduk penyimpanan ada, memungkinkan mempertahankan aliran selama

beberapa jam untuk memberikan tambahan pasokan selama periode beban puncak. Biasanya aliran minimum dalam sungai diperlukan sepanjang waktu untuk keperluan lain.

Sebagai alternatif, aliran 90 - 95% atau lebih dari waktu, dapat diterima sebagai aliran minimum kritis yang digunakan untuk menghitung kapasitas andal dan energi tetap. Meskipun metode ini tidak dianggap sebagai pendekatan yang paling konservatif, penaksiran ini masih terlalu rendah dibandingkan dengan kapasitas yang dapat digunakan selama periode selain periode kritis.

Tidak ada metode yang dapat memuaskan untuk menentukan kapasitas andal secara sederhana tanpa mempertimbangkan sistem. Walau demikian keuntungan dari PHSK adalah jarang mempengaruhi sistem secara keseluruhan yang terinterkoneksi dan mempunyai tingkat ketersediaan yang tinggi dengan tingkat gangguan yang rendah.

5.7 Operasi penyimpanan dan analisa berurutan

Untuk penyimpanan dengan berbagai tinggi jatuh, tidak mungkin menaksir keluaran energi dengan menggunakan metode durasi aliran tanpa kesalahan, sebab volume aliran yang melewati proyek pada tinggi jatuh tertentu tidak diketahui. Apalagi, jika fluktuasi waduk menurun diluar batas tinggi jatuh, maka volume aliran yang tidak tersedia ke turbin selama periode ini tidak diketahui. Dengan demikian, dalam kasus ini digunakan analisa operasi berurutan untuk mendapatkan kesimpulan keluaran energi yang lebih akurat.

Metoda rute aliran berurutan dapat diterapkan pada setiap analisis pembangkit hidro, termasuk studi dari beberapa tipe proyek berikut :

- proyek aliran-sungai langsung (*run-of-river*) dengan aliran dan tinggi jatuh yang tidak saling bergantung;
- proyek aliran langsung dengan kolam tando;
- proyek yang hanya mempunyai waduk pengendali banjir;
- proyek yang mempunyai waduk koservasi yang tidak diatur untuk daya;
- proyek dengan waduk yang diatur hanya untuk daya;
- proyek dengan waduk yang diatur hanya untuk multi guna termasuk daya;
- proyek tenaga air untuk beban puncak;
- proyek tenaga air dengan penyimpanan sistem pompa;
- prosedur rute aliran berurutan terutama dikembangkan untuk mengevaluasi proyek penyimpanan dan sistemnya dan didasarkan pada persamaan kontinuitas berikut.

$$ds = I - O - L \quad (5.2)$$

dengan:

dS	=	perubahan penyimpanan waduk
I	=	aliran masuk ke waduk
O	=	aliran keluar dari waduk
L	=	rugi-rugi (penguapan, pengalihan, dan lain-lain)

Persamaan 5.2 diterapkan secara berurutan untuk tiap interval waktu pada periode studi untuk memperoleh rekaman yang terus menerus dari operasi proyek. Pemilihan interval waktu harus konsisten dengan ketelitian yang diinginkan. Dalam hal menaksir daya selama studi kelayakan, interval waktu maksimum yang digunakan tidak boleh melebihi satu bulan. Penaksiran kelayakan untuk energi tetap harus didasarkan pada interval waktu harian atau mingguan selama periode kritis yang menggunakan semua informasi yang tersedia mengenai tujuan proyek, pengalihan, tingkat penyimpanan musiman, rugi-rugi, tingkat air

buangan, dan data efisiensi pembangkit. Jika kapasitas andal bukan sebagai pertimbangan, analisa bulanan untuk keseluruhan periode rekaman biasanya sudah cukup.

Keluaran energi dapat ditaksir dengan memakai nilai aliran keluar waduk pada persamaan tenaga air. Pada proyek penyimpanan, tinggi jatuh dan efisiensi dan juga aliran dapat dipengaruhi oleh persamaan kontinuitas, melalui komponen ds . Umumnya julat karakteristik efisiensi perlengkapan turbin generator untuk berbagai aliran dan tinggi jatuh harus dimasukkan dalam analisis ketimbang efisiensi yang sama untuk semua nilai tinggi jatuh.

Rute aliran berurutan dapat membutuhkan manipulasi data; dengan demikian, paling baik dilakukan dengan model komputer. Beberapa model yang canggih mampu menyelesaikan beberapa fungsi seperti optimasi energi tetap, evaluasi proyek multiguna, dan operasi proyek atau sistem untuk memenuhi persyaratan pengendali banjir.

6 Persyaratan penggunaan sistem daya dan sambungan

Sepanjang dengan kapasitas pembangkit dan keluaran energi, telah didiskusikan pada pasal 4, perhatian harus diberikan kepada pemakaian daya.

Tenaga air bias digunakan pada sistem daya pada beberapa cara, meliputi:

- beban puncak;
- beban menengah;
- beban dasar;
- kombinasi ketiganya di atas.

PHSK mempunyai kemampuan untuk secara cepat tersambung dan merespon perubahan beban secara cepat. Karena reaksi yang cepat, biasanya realitas PHSK digunakan sebagai sumber. Namun, pengembangan sebagian besar potensi (sumber daya besar) PHSK dibatasi dari operasi puncak dengan batas pengoperasian disebabkan oleh konfigurasi aliran sungai atau disebabkan oleh kondisi operasi yang ditekankan untuk melindungi lingkungan atau untuk meningkatkan kesempatan rekreasi proyek PHSK lainnya dibatasi dari bentuk beban pelepasan harian dan mingguan menyesuaikan dengan kebutuhan beban karena tidak ada tampungan atau kolam tandu. Bagaimana pun, beberapa beban selanjutnya dimungkinkan dengan batas-batas ini, dengan menyediakan beban dasar parsial menggunakan aliran minimum yang dilepas dengan menggunakan sebagian dari tampungan untuk beban puncak. Dalam setiap kejadian, penambahan tampungan bukan merupakan suatu alternatif yang biasanya tersedia pada proyek PHSK. Jika tujuan proyek yang ada memerlukan pola-pola pelepasan yang cukup dengan kebutuhan energi atau beban yang dapat digunakan, beberapa kapasitas yang dapat diandalkan dapat dikreditkan ke proyek.

Penggunaan PHSK pada kebanyakan perusahaan listrik tidak begitu penting jika tampungan atau kolam tando tidak tersedia. Jika aliran sungai dapat diandalkan, PHSK dapat menggantikan kenaikan kapasitas termal. Jika aliran sungai tidak dapat diandalkan energi air dapat digunakan hanya untuk mengganti keluaran energi dari pembangkit termal yang ada. Bagaimanapun, dalam beberapa hal nilai energi yang digantikan kemungkinan tinggi. Pada kesimpulannya, energi hidro tidak memerlukan biaya minyak atau biaya minyaknya mendekati nol dan biasanya akan menyediakan nilai terbaik dalam meminimalkan biaya operasi pada saat beban puncak.

6.1 Kebutuhan daya

Biasanya kebutuhan daya dievaluasi dengan analisa performa. Sumber beban sehingga suplai (sumber daya) dan kebutuhan (beban daya) dapat dievaluasi. PHSK tidak dapat memecahkan sebagian besar masalah dan, oleh karena itu analisa pemasaran daya akan lebih sesuai. Analisa pemasaran daya ditampilkan untuk menjamin bahwa di sana ada pasar atau pengguna dari tenaga yang ditampilkan.

Daya yang dihasilkan oleh fasilitas PHSK biasanya mengikuti salah satu jalan kriteria:

- penggunaan daya pada lokasi pembangkitan. Bila daya digunakan atau berdekatan dengan lokasi pembangkit daya, nilai dari daya adalah biaya yang tak dapat dihindarkan dari daya yang terjual.
- penyaluran daya ke lokasi yang jauh dari lokasi pembangkit. Bila daya disalurkan, daya tersebut dihubungkan dengan saluran daya perusahaan dan disalurkan ke tempat yang jauh dan perusahaan menarik biaya yang dipergunakan untuk pengusaha fasilitas. Nilai dari daya ditempat penggunaan adalah biaya yang dikeluarkan dikurangi dengan biaya penyaluran.
- penyaluran tenaga listrik ke perusahaan dengan tarif *Power Purchase Agreement* (PPA). Bila daya ini dijual ke perusahaan dibutuhkan PPA untuk pembayaran pada tarif saat dari biaya terhindar dari fasilitas baru. Kadang-kadang kontrak jangka panjang dapat dinegosiasikan pada tarif yang lebih rendah dari tarif PPA dan dalam aturan yang memakai kedua belah pihak.
- penjualan daya ke pihak ketiga. Walaupun penjualan daya ke pihak di luar perusahaan adalah alternatif yang menarik, hal ini dapat membuat penjual dari perusahaan menjadi pemasok dan tunduk pada peraturan pemerintah. Analisa dan peraturan pemerintah harus dilanjutkan sebelum memproses alternatif tersebut.

6.2 Pemasaran daya

Pemasaran daya merupakan hal yang kritis bagi suksesnya perencanaan PHSK. Tujuan pemasaran daya untuk memilih pasar, umumnya perusahaan listrik untuk mendapatkan pengembalian secara ekonomi yang terbaik. Kadang-kadang pemilihan perusahaan listrik dimungkinkan, tetapi pemilihan ini dapat dipengaruhi kepentingan pemerintah.

Perusahaan listrik membayar tarif yang berbeda untuk PLTA. Perbedaan tarif dapat bergantung pada gabungan sumber daya yang berbeda-beda, peningkatan permodalan, dan biaya operasi. Oleh karena itu ekonomi proyek dapat ditingkatkan dengan pemilihan perusahaan yang membayar lebih tinggi. Biasanya area pelayanan perusahaan listrik diatur oleh Negara, dan perusahaan boleh tidak menyambung diluar area pelayanan tanpa persetujuan pemerintah, kadang-kadang setelah dengar pendapat. Oleh karena itu, sebagai tambahan koordinasi dengan listrik lokal pemerikasanaan harus dilakukan dengan badan pengatur setempat. Dalam kasus-kasus yang jarang terjadi tapi menguntungkan apabila perusahaan listrik yang berbeda melayani pada kedua sisi saluran, tarif yang lebih tinggi mungkin didapatkan dengan menempatkan rumah pembangkit pada sisi yang tepat dari aliran. Untuk tambahan yang menjual tenaga ke perusahaan yang dimiliki masyarakat, dengan kemungkinan dapat dijual ke Perusahaan Daerah atau koperasi listrik perdesaan.

Penyaluran daya dapat diijinkan dalam kondisi yang jarang terjadi. Apabila daya dijual ke perusahaan non lokal, perusahaan listrik lokal boleh menyalurkan atau menyertakan daya ke perusahaan pembeli. Dalam beberapa hal perusahaan penyalur menerima pembayaran untuk penyaluran daya. Untuk menyalurkan daya ke perusahaan lain, perusahaan penyalur harus setuju untuk menyalurkan daya atau pemerintah menentukan perusahaan untuk menyalurkan daya. Biaya untuk mendapatkan persetujuan penyaluran dapat menghalangi diperoleh yang perjanjian.

6.2.1 Kontrak daya

Pengembang PHSK yang berminat menjual produksi energi kepada perusahaan distribusi harus menegosiasikan kontrak penjualan daya. Untuk membiayai proyek PHSK tanpa sekuritas lain sebagai kolateral, institusi pemberi pinjaman umumnya meminta pengembang untuk menegosiasi kontrak penjualan daya yang berlangsung melebihi jumlah tahun pembayaran utang.

Umumnya, dua tipe kontrak daya sebagai berikut:

- 1) dengan harga energi rata-rata untuk waktu tertentu yang meliputi keseluruhan biaya fasilitas dan termasuk keuntungan bagi pengembang;
- 2) dengan harga energi rata-rata yang terkait dengan inflasi dan biaya perusahaan dari pembelian energi dimanapun atau membangun kapasitas pembangkit yang cukup untuk menggeantikan jumlah energi yang sama (yang menghasilkan ketidakpastian sehubungan dengan keuntungan potensial bagi pengembang).

Secara umum, tipe 1 beresiko lebih kecil di dalam hal kemampuan pengembang untuk memproyeksikan aliran pendapat yang didasarkan pada keluaran energi rata-rata tahunan dari proyek. Bagaimanapun juga keluaran energi pembangkit yang tidak pasti disebabkan oleh desain, konstruksi atau cacatnya peralatan, atau periode aliran yang sangat rendah, masih merupakan resiko yang signifikan bagi pengembang potensial.

Tipe 2 memberikan pengembangan kurang pastian mengenai arus penerimaan tahunan dari proyek selama umur proyek, tetapi lebih mungkin untuk dapat mendapatkan harga satuan yang lebih tinggi yang dibayarkan untuk energi pada tahun-tahun terakhir.

Kontrak tipikal biasanya akan menetapkan:

- peralatan yang diperlukan untuk dibeli dan dipasang oleh pengembang untuk pengamanan sistem kelistrikan perumahan;
- jaminan yang meliputi kewajiban yang timbul dari operasi dan interkoneksi dari fasilitas PHSK dengan sistem perumahan;
- fase, arus, frekuensi, tegangan, dan lokasi pengiriman dari energi yang di bangkitkan oleh proyek;
- harga jual;
- prosedur pembatalan;
- kewajiban pemeriksaan yang wajar;
- intrupsi.

Pengembangan yang potensial harus akan bergabung kepada pengetahuan dan pengalaman individu dalam kontrak penjualan dan negosiasi harga untuk melakukan diskusi dengan perusahaan yang terdaftar sebagai pembeli yang potensial dari keluaran energi proyek. Keuntungan dari pengembangan bila menggunakan pendekatan ini adalah kemampuan untuk menghadapi proyek dengan tim negosiasi yang telah berpengalaman tentang kapasitas daya regional dan kebutuhan energi, harga pasar energi yang berlaku, dan standar kontrak perubahan. Pemerintah biasanya mempunyai informasi tentang pilihan yang tersedia untuk kontak pengajuan daya.

6.2.2 Purpa (PPA)

PPA (*Power Purchase Agreement*) menetapkan bahwa utilitas harus membeli listrik dari PHSK.

PSHK yang dikembangkan oleh IPP (*Independent Power Producer*) (termasuk industri, koperasi listrik Perubahan Daerah) yang memenuhi syarat PPA termasuk industri koperasi listrik perusahaan daerah memenuhi isyarat PPA yaitu kapasitas terpasang proyek tidak lebih 80 MW dari dan investor tidak boleh memegang saham lebih dari 50% saham proyek mensyaratkan bahwa utilitas menawarkan untuk membeli seluruh energi kapasitas atau sebagainya bahwa fasilitas yang memenuhi syarat menawarkan pada harga

"*Avoided cost*" harga avoided cost harus wajar dan menarik bagi masyarakat dan tidak bertentangan dengan produsen yang memenuhi syarat.

6.3 Persyaratan hubungan sistem daya

Sebagian besar proyek PHSK tidak memberikan bahan yang berarti dari kapasitas sistem yang diperlukan, perhatian utama dari utilitas lokal adalah keamanan dan keandalan. Adalah penting seorang ahli listrik dilibatkan dalam diskusi dengan wakil-wakil dari utilitas pemerintah selama fase perencanaan proyek untuk menentukan peralatan interkoneksi listrik yang diperlukan dan untuk menentukan peralatan-peralatan yang harus disediakan oleh pengembang. Dalam beberapa hal peralatan dirancang, dibeli dan dipasang oleh utilitas, tetapi dibayar oleh pengembang. Perkiraan biaya yang tepat pada tingkat studi kelayakan adalah penting untuk pendanaan proyek.

Masalah listrik utama adalah tegangan pada listrik interkoneksi. Kadang-kadang masalahnya sederhana mengetahui jaring tegangan yang terdekat. Pada saat ini utilitas dapat menunjukkan bahwa jaringan terdekat tidak tepat untuk interkoneksi karena masalah-masalah stabilitas sistem. Jika jaringan sekitarnya tidak dapat digunakan, jaringan yang lebih tinggi atau peningkatan sistem dibutuhkan untuk mencapai gardu induk atau jaringan tegangan yang lebih tinggi. Transformator, pemutus dan saklar akan lebih mahal, bila menyambung ketegangan yang lebih tinggi.

Masalah listrik penting lainnya adalah generator yang diperbolehkan. Beberapa utilitas listrik lebih memilih generator sinkron dan pada generator induksi. Jenis generator secara langsung tidak hanya mempengaruhi biaya proyek, tetapi juga peralatan proteksi listrik yang diperlukan oleh utilitas.

Peralatan proteksi listrik yang diperlukan oleh utilitas mencakup pemutus dan skala secara berarti dapat mempengaruhi biaya proyek. Negosiasi tentang peralatan proteksi harus dilakukan bersama-sama dengan ahli listrik.

7 Operasi dan pemeliharaan

Karyawan tetap untuk operasi dan pemeliharaan biasanya tidak cocok untuk proyek PHSK. Operator PHSK dapat:

- sebagai operator tetap tetapi terkait dengan fasilitas pengolahan air atau drainase atau instalasi PHSK lain;
- operator paruh-waktu yang secara berkala mengunjungi proyek;
- pemilik yang tinggal dekat proyek, atau
- operator paruh-waktu yang mengunjungi proyek secara berkala dan merespon tanda bahaya melalui sistem telemetri.

Umumnya pemeliharaan proyek yang praktis harus dilaksanakan oleh bengkel, instalasi listrik atau kontraktor lokal yang sudah berpengalaman. Dukungan tim pemeliharaan lokal

diperlukan dari pemasok perlengkapan. Biaya yang efektif mendukung pelatihan berbagai pekerjaan, perbaikan dan pemeliharaan.

Perencanaan proyek dan dokumen kelayakan harus mempertimbangkan filosofi operasi dan pemeliharaan untuk mengevaluasi kemampuan kerja berbagai alternatif proyek secara benar. Persyaratan desain untuk perlengkapan harus mencerminkan filosofi operasi dan pemeliharaan serta mempertimbangkan jadwal pelumasan dan pengalaman personil. Fasilitas pendukung yang diperlukan (seperti medis dan kebersihan) harus konsisten dengan waktu personil di lokasi. Untuk meniadakan perubahan-perubahan yang mahal selama tahap desain, filosofi operasi dan pemeliharaan harus ditetapkan selama tahap perencanaan, dan desain harus dapat mengakomodasi filosofi yang ditetapkan.

7.1 Tahap desain

Sebagaimana dipertimbangkan dan diusulkan dalam tahap perencanaan proyek, konsep dan susunan personil operasi dan pemeliharaan harus lebih dahulu ditentukan dalam desain awal proyek. Konsep operasi dan pemeliharaan harus dibahas lebih dahulu bersama pemilik proyek sebelum merumuskan desain rinci.

Perlengkapan dan komponen yang dipilih untuk proyek memerlukan pelayanan reguler yang minimum. Operator pembangkit dan personil pemeliharaan harus terbiasa dengan pelayanan reguler yang diperlukan untuk mengoperasikan pembangkit secara andal.

Pemeliharaan pencegahan adalah tujuan utama dari program pemeliharaan; yaitu mengantisipasi masalah potensial dan mencegah terjadinya masalah sebelum mengakibatkan dampak ekonomi yang berarti terhadap biaya operasi pembangkit, kerugian pendapatan, atau biaya perbaikan yang tinggi. Hal ini sewaktu-waktu akan memerlukan penghentian pembangkit pada selang waktu yang direncanakan untuk inspeksi dan pengujian. Pemilik pembangkit harus dilibatkan dalam memutuskan penjadwalan penghentian yang direncanakan untuk pemeliharaan. Operator pembangkit dan personil pemeliharaan bertanggung jawab untuk memberikan informasi kepada pemilik mengenai masalah yang potensial, indikasi keausan, dan perubahan-perubahan dalam karakteristik operasi yang mungkin memerlukan investigasi lebih lanjut.

Rekaman yang teliti dan rinci tentang tugas-tugas operasi dan pemeliharaan dari pengamatan yang dilakukan, diperlukan untuk operasi pembangkit yang aman dan andal. Buku kerja dan lembar kerja operasi, menyediakan sarana untuk merekam kondisi dan perubahan-perubahan pada pembangkit sebagai acuan di waktu yang akan datang. Sistem telemetry merekam beberapa kondisi pembangkit, akan tetapi rekaman yang disimpan oleh operator dan personil pemeliharaan juga diperlukan. Dari rekaman-rekaman ini, masalah potensial sering dapat diantisipasi dan dicegah. Penghentian dapat dijadwalkan dengan mengamati kecenderungan operasi pembangkit. Hal ini juga akan membantu menentukan suku cadang dan material yang harus disediakan.

Susunan personil dan konsep operasi dan pemeliharaan harus dipertimbangkan dalam desain dan spesifikasi ciri-ciri khusus. Penekanan khusus harus diberikan untuk tujuan, sasaran dan permasalahan berikut.

- pembersihan sistem kisi tangkap kotoran dan saringan;
- spesifikasi untuk pemilihan perlengkapan;
- pengamanan;
- suku cadang;
- sistem peringatan, telemetry, dan SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*);
- gawai penghentian;

- gawai pemantau proyek dan fasilitas;
- pemilihan bantalan;
- penyediaan suku cadang;
- ciri-ciri yang berlebihan;
- keandalan;
- kemudahan mengimplementasikan sistem kontrol secara aman;
- jalur pintas;
- pemilihan perlengkapan pemeliharaan: tanggung bersama atau disewa;
- akses terhadap fasilitas proyek;
- ketersediaan penyeliaan dan keperluan pemeliharaan khusus;
- sistem keselamatan dan pencegahan kebakaran;
- pendapatan proyek, biaya operasional dan pemeliharaan;
- perlengkapan bantu yang disediakan untuk pemeliharaan;
- waktu dan biaya untuk mengasut pembangkit;
- waktu respon operator maksimum dan konsekuensi terhadap respon yang lambat;
- waktu pengasutan kembali dan upaya berkaitan dengan sistem arus searah, perlengkapan pengeringan, dan sebagainya;
- persyaratan laporan.

Persyaratan operator mencakup: keandalan, waktu respon, tingkat keterampilan dan kondisi fisik.

7.2 Tahapan operasi

Manual operasi dan pemeliharaan dibagi menjadi dua yaitu: manual untuk operator dan manual untuk pemeliharaan. Manual operator harus diarahkan pada operator yang ada. Manual pemeliharaan harus mencakup rincian yang diperlukan untuk mengganti, memperbaiki, membongkar, merakit, menyetel dan mencari gangguan pembangkit.

Sebuah proyek PHSK dapat memiliki semua ciri proyek hidro konvensional. Biaya operasi dan pemeliharaan untuk sebuah proyek PHSK tidak secara langsung berkaitan dengan ukuran dan produksi. Biaya lebih banyak berkaitan dengan lokasi, jenis proyek, tilosofi operasi, persyaratan utilitas, persyaratan lingkungan dan sumber air. Rumus sederhana adalah biaya operasi secara signifikan lebih tinggi (2-3 kali) selama tahun pertama. Cara terbaik untuk memperkirakan biaya adalah dari operasi PHSK yang lain dengan bentuk proyek yang sama.

Sistem SCADA sering dapat membantu proyek meminimalkan jumlah personil pemeliharaan dan waktu produksi. Sistem SCADA dapat bervariasi dari pemberi peringatan otomatis sederhana yang memanggil operator untuk kondisi peringatan gabungan, atau penghentian pembangkit, sampai sistem video yang berkomunikasi dengan sebuah monitor jarak jauh atau alat pengontrol yang terkait dengan semua pembangkit dan kondisi tanda peringatan.

Operator pembangkit PHSK mungkin pemiliknya, seseorang yang tinggal di sekitarnya, atau operator tetap. Sebuah proyek PHSK biasanya tidak mempunyai tenaga mekanik, listrik, tukang besi, dan teknisi yang terlatih penuh untuk mengoperasikan, memelihara, dan memperbaiki proyek secara menyeluruh. Pemilik atau operator harus percaya pada bengkel mesin, instalasi listrik, kontraktor yang berdekatan, dan perancang untuk mendukung pemeliharaan dan perbaikan pembangkit.

7.3 Manual untuk operator

Manual untuk operator harus mencakup prosedur operasi dalam bentuk yang singkat tetapi lengkap. Perlu bagi operator untuk mengoperasikan pembangkit setelah selesainya program

pelatihan operator. Manual harus menggunakan daftar pemeriksaan bersama dokumen pendukung yang diacu untuk memperoleh rincian.

7.4 Uraian proyek

Uraian proyek harus menjelaskan kepada operator, bagaimana perancang dan perencana menggambarkan proyek beroperasi dan menentukan tindakan yang diperlukan dalam kondisi operasi normal dan darurat. Dokumen tersebut harus memberikan uraian fungsional yang lengkap dan singkat mengenai setiap elemen proyek, yaitu:

- **saluran pemasukan (*intakes*)**
saringan ikan, kisi tangkap-kotoran, kontrol tinggi permukaan air pelepas aliran hilir, kondisi banjir, beban dasar sungai atau tumpukan kerikil, gawai penutup pipa pesat otomatis, gawai proteksi
- **pipa pesat (*penstocks*)**
persyaratan pengisian dan pengosongan, katup udara dan katup vakum, katup isolasi, saluran pembuangan
- **saluran air**
pembersihan, kapasitas, pelimpah (*overflows*), saluran pembuangan, struktur kontrol
- **rumah pembangkit**
ventilasi, katup isolasi turbin dan katup pintas, saluran pemasukan, saluran bawah, tinggi permukaan air minimum dan maksimum air-bawah, pintu air kontrol, sistem kelistrikan rumah pembangkit, dan sebagainya
- **turbin**
pintu air, raner, nosel, deflektor, pelumasan, bantalan, jenis, putaran per menit, tanda peringatan, gawai proteksi
- **generator**
pelumasan, pendingin, jenis, sambungan ke turbin, tegangan, putaran per menit, pemanas internal, gawai proteksi tanda peringatan
- **peralatan hubung dan kontrol**
relai proteksi, sistem kontrol, kontrol permukaan air, sistem manual dan otomatis, pensinkronan, penguat medan, gawai keamanan
- **serandang hubung (*switchyard*)**
transformator, saklar isolasi, gawai keamanan, tanda peringatan
- **saluran transmisi**
panjang, tegangan, titik sambungan untuk pelayanan atau jaringan
- **jaringan umum**
perwakilan untuk dihubungi, persyaratan operasi, otorisasi pembangkitan
- **persetujuan penunjang**
persetujuan badan perikanan dan swaka alam, irigasi, hak penggunaan air
- **tindakan.**
langkah yang di tempuh sewaktu banjir dan permukaan air meninggi, masalah atau salah-fungsi perlengkapan

7.5 Mengasut pembangkit

- **Kondisi awal**
Pembangkit dapat di asut secara otomatis atau manual hanya setelah kondisi-kondisi awal tertentu terpenuhi, yaitu kondisi permukaan air saluran pemasukan, pipa pesat, relai proteksi, katup-katup, sistem pelumasan, saluran daya, generator, dan kondisi air-bawah dan air atas
- **Berputar tanpa dihubungkan ke sistem**
Bagian-bagian yang harus di periksa sebelum pembangkitan, pemeriksaan kondisi awal, cara menghentikan jika kondisi pembangkitan tidak dipenuhi
- **Mensinkronkan generator**
Prosedur sinkronisasi manual atau otomatis, penyambungan ke jaringan, pembangkitan untuk jaringan atau sistem, laju pembebanan

7.6 Menjalankan pembangkit

- Kondisi dalam keadaan jalan
- Pengontrolan keluaran generator
- Pengontrolan keluaran daya reaktif
- Persyaratan dan kontrol tinggi permukaan air
- Laporan dan catatan
- *Pelepasan ikan*
- Operasi saluran pemasukan

7.7 Menghentikan pembangkit

- **Menghentikan secara normal.** Memungkinkan generator melepas beban sampai nol sebelum pemutus arus generator dibuka. Kondisi menghentikan secara normal bervariasi tergantung pada desain dan perlengkapan yang dipakai dalam proyek yang umumnya adalah:
 - naiknya suhu minyak;
 - naiknya suhu bantalan;
 - permukaan minyak tinggi atau rendah;
 - ketiadaan air pendingin;
 - tegangan baterai rendah;
 - permukaan air yang rendah atau tidak cukup;
 - pipa pesat pecah;
 - kegagalan governor.
- **Menghentikan secara darurat**
Membuka pemutus arus generator. Sistem berjalan dalam kondisi putaran-lebih sampai air dicegah mencapai raner dan sistem dihentikan. Berhenti darurat adalah otomatis untuk proteksi sistem, biasanya disebabkan oleh gawai-gawai proteksi listrik
- **Pengasutan ulang**
Pengasutan ulang berbeda dari produser untuk pengasutan pembangkit. Jika pengasutan otomatis tersedia, susun daftar kondisi-kondisi yang dapat membuat pembangkit mengasut-ulang secara otomatis dan kondisi-kondisi yang membuat pembangkit harus diasut ulang secara manual

- **Rekaman dan catatan operasional**

Ketelitian rekaman operator penting untuk operasi dan pemeliharaan selanjutnya. Catatan yang telah diformat sebelumnya yang menunjukkan informasi yang direkam akan membantu menjamin konsistensi laporan informasi. Catatan bervariasi sesuai dengan bentuk proyek, perlengkapan, kriteria lingkungan dan ciri proyek. Informasi tipikal yang berguna untuk disimpan dalam catatan harian adalah :

- kondisi aliran dan tinggi permukaan air;
- daya pembangkit dalam kilowatt (kW);
- kondisi cuaca dan suhu;
- suhu bantalan dan belitan;
- kondisi tanda peringatan;
- pengasutan dan penghentian pembangkit;
- alasan penghentian pembangkit;
- akumulasi dan pembuangan kotoran;
- pemeliharaan rutin yang dilaksanakan;
- kondisi pembangkit;
- tegangan, faktor daya, var;
- tekanan, minyak, pipa pesat, sistem pendinginan;
- kondisi baterai;
- kebocoran minyak atau air;
- suhu rumah pembangkit;
- kebisingan, kebocoran, bau, getaran yang tidak biasa.

7.8 Pemeliharaan rutin

Prosedur dan persyaratan pemeliharaan harian, mingguan, atau bulanan pada awalnya ditentukan oleh enjinir perancang proyek dan pemasok perlengkapan. Pemeliharaan ini dilaksanakan oleh operator. Pemeliharaan rutin tipikal harus mencakup:

- pembersihan pembangkit dari debu, kotoran, serangga, limpahan minyak, dan sebagainya;
- pembuangan lumut, rerumputan, sampah dan sebagainya di luar bangunan;
- prosedur keamanan untuk pemeliharaan;
- pencegahan karat dan pengecatan;
- pemeliharaan saringan;
- operasi berkala perlengkapan darurat atau cadangan (*stand by*).

7.9 Prosedur darurat atau "perlu bantuan"

Rencana tindakan darurat untuk proyek hidro biasanya diatur oleh ketentuan yang akan diberlakukan mencakup kondisi-kondisi yaitu banjir, kebakaran dan gempa bumi, yang dapat mempengaruhi fasilitas proyek dan membahayakan jiwa dan harta benda pihak lain. Dengan demikian, ketentuan tersebut bertujuan untuk menjaga keselamatan masyarakat dan komunikasi selama kondisi darurat, hal-hal lain yang kurang kritis harus dianggap sebagai kondisi tidak darurat.

7.10 Revisi

Prosedur operasi harus dimutakhirkan enam bulan setelah pengasutan awal dan merupakan bagian rutin dari pemeliharaan tahunan untuk membuang hal-hal yang tidak perlu dan menambah yang baru.

7.11 Manual pemeliharaan

Informasi yang diperlukan dalam manual pemeliharaan ditentukan oleh insinyur perancang dan pemasok perlengkapan. Penyusun manual harus secara aktif meminta informasi pemeliharaan dari perancang dan pemasok perlengkapan. Manual pemeliharaan harus mencakup:

- informasi spesifik yang mencakup uraian, instalasi, operasi, pemeliharaan pencegahan, pemeliharaan perbaikan, pemeriksaan secara menyeluruh (*overhaul*), daftar komponen dan suku cadang, dan catatan tambahan. (Daftar komponen lengkap dan daftar suku cadang yang disarankan harus memberikan semua informasi yang diperlukan, termasuk nomor komponen dan nomor katalog jika dapat diterapkan, untuk mengidentifikasi komponen. Ukuran, kapasitas atau karakteristik lain dari komponen harus diberikan jika diperlukan untuk identifikasi).
- informasi berupa uraian yang terdiri dari gambar dan diagram dan sebuah uraian fisik dan fungsional perlengkapan termasuk rakitan utama dan sub-rakitan.
- informasi instalasi mencakup inspeksi pra-instalasi, instalasi, kalibrasi dan persiapan untuk operasi, baik untuk instalasi awal maupun setelah pemeriksaan menyeluruh.
- informasi operasi mencakup prosedur tahap demi tahap untuk persyaratan pengasutan, pengasutan ulang, operasi, penghentian dan keadaan darurat. Informasi juga harus mencakup spesifikasi kinerja dan batasan operasi.
- informasi pemeliharaan mencakup prosedur tahap demi tahap untuk inspeksi, pemeriksaan operasi, pencarian gangguan, pembersihan, pelumasan, penyetelan, perbaikan, pemeriksaan menyeluruh, pembongkaran dan perakitan ulang untuk pengoperasian yang benar. Daftar perkakas khusus yang diperlukan untuk pemeliharaan harus disertakan dalam informasi pemeliharaan.
- gambar terpasang proyek mencakup semua pengkawatan, pabrikasi, dan gambar pembuatan.
- Nama dan alamat pemasok tiap-tiap gawai (bukan pabrikan) dan tempat memperbaiki atau membeli gawai.
- Persyaratan untuk pemeliharaan triwulanan, enam bulanan dan tahunan.
- Pengukuran rinci dengan toleransi dari seluruh permukaan yang aus yang dapat dibandingkan dan dievaluasi selama inspeksi yang berurutan.
- Dalam hal katalog data pabrikan standar tersedia, bagian-bagian yang berkaitan harus diidentifikasi.
- Persyaratan pemangkasan semak dan pohon untuk saluran transmisi.







BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.or.id